

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

KARTÉZSKÝ MANIPULÁTOR

CARTESIAN MANIPULATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Bačkovský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Beneš

BRNO 2021

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Tomáš Bačkovský

ID: 203521

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Kartézský manipulátor

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je návrh řízení dvouosého kartézského manipulátoru.

1. Teoretický rozbor a dimenzování servopohonů použitých na manipulátoru.
2. Popis jednotlivých částí linky (manipulátor, snímače, řídicí systém apod.).
3. Vytvoření elektrického schéma zapojení.
4. Implementace řídicího software a vizualizace.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Z. Kolíbal, Roboty a robotizované výrobní technologie. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIAM, 2016.

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 24.5.2021

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Beneš

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato Bakalářská práce se zabývá návrhem řízení průmyslového dvouosého manipulátoru, který bude sloužit jako paletizátor vajíčkových proložek. Součástí práce je teorie a výběr servopohonů, popis jednotlivých částí manipulátoru. Praktická část se zabývá vytvořením kompletní elektrotechnické dokumentace, zhotovení řídicího software a vizualizace panelu. Nakonec jsou jednotlivé části odzkoušeny na reálném manipulátoru.

Klíčová slova

Kartézský manipulátor, automatizace, průmyslový manipulátor, průmysl, PLC, HMI, EPLAN,

Abstract

This bachelor thesis deal with the design of the control of an industrial two-axis manipulator, which will serve as a palletizer of egg spacers. Part of the work is the theory and selection of actuators, description of individual parts of the manipulator. The practical part deals with designing of complete electrical documentation, completion of control software and visualization of the panel. Finally, the individual parts are tested on a real manipulator.

Keywords

Cartesian manipulator, Automatization, Industrial manipulator, Industry, PLC, HMI, EPLAN

Bibliografická citace

BAČKOVSKÝ, Tomáš. Kartézský manipulátor. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/133817>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Tomáš Benešl.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Tomáš Bačkovský
VUT ID studenta:	203521
Typ práce:	Bakalářská práce
Akademický rok:	2020/21
Téma závěrečné práce:	Kartézský manipulátor

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 23. května 2021

podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomášovi Benešlovi za odborné vedení, konzultace a užitečné rady k řešení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Autometo s.r.o, že mi umožnila tuto práci prakticky realizovat, obzvláště Ing. Václavu Fickovi za jeho trpělivost a poskytnuté rady.

V Brně dne: 23. května 2021

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
ÚVOD	11
1. POPIS ÚLOHY	12
2. ELEKTRICKÝ SERVOPOHON	13
2.1 SYNCHRONNÍ MOTOR S PERMANENTNÍMI MAGNETY	13
2.1 VEKTOROVÉ ŘÍZENÍ SYNCHRONNÍHO MOTORU S PERMANENTNÍMI MAGNETY	14
2.2 MĚŘENÍ ÚHLOVÉ RYCHLOSTI A POLOHY ROTORU	14
3. VÝBĚR POUŽITÝCH POHONŮ	15
3.1 ZADÁNÍ	15
3.2 TIA SELECTION TOOL.....	16
4. ELEKTROTECHNICKÁ DOKUMENTACE	19
4.1 VÝBĚR KOMPONENTŮ.....	19
4.1.1 <i>Napájení</i>	19
4.1.2 <i>Řídicí systém</i>	20
4.1.3 <i>Ovládací prvky</i>	21
4.1.4 <i>Snimače a akční členy</i>	22
4.2 USPOŘÁDÁNÍ DESKY A VÝBĚR ROZVADĚČE.....	23
4.3 CHLAZENÍ SKŘÍŇE	24
4.4 POUŽITÉ KABELY.....	26
4.5 POPIS BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ.....	27
5. ŘÍDÍCÍ SOFTWARE.....	28
5.1 TIA PORTAL.....	28
5.1.1 <i>Bloky v Tia Portalu</i>	28
5.2 HARDWAROVÁ KONFIGURACE	29
5.3 FUNKČNÍ BLOKY PRO OVLÁDÁNÍ SERVO MOTORŮ	29
5.3.1 <i>MC_Power</i>	29
5.3.2 <i>MC_Reset</i>	30
5.3.3 <i>MC_Home</i>	30
5.3.4 <i>MC_Halt</i>	31
5.3.5 <i>MC_MoveAbsolute</i>	32
5.3.6 <i>MC_MoveRelative</i>	33
5.3.7 <i>MC_MoveJog</i>	34
5.4 PORUCHOVÉ HLÁŠKY	34
5.5 POPIS AUTOMATICKÉHO REŽIMU	35
6. VIZUALIZACE.....	37
6.1 POPIS JEDNOTLIVÝCH STRAN VIZUALIZACE	37
7. ZÁVĚR.....	42
LITERATURA.....	43

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	46
SEZNAM PŘÍLOH.....	47

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Manipulátor	12
Obrázek 2: Základní rozdělení podle typu rotoru (vlevo - IPMSM, vpravo- SPMSM) [2]	13
Obrázek 3: Mechanický model osy posunu	16
Obrázek 4: Profil pohybu pro osu posunu	16
Obrázek 5: Přetížený brzdňý rezistor	18
Obrázek 6: Řídící systém, napájecí modul, výstupní karta [7][21][22]	20
Obrázek 7: Ovládací krabice	21
Obrázek 8: Použité optoelektronické snímače[23][24]	22
Obrázek 9: Koncový spínač	23
Obrázek 10: Uspořádání skříně	24
Obrázek 11: Oteplení rozvaděče v programu SchrackDesign	25
Obrázek 12: Kabel pro motor [25]	26
Obrázek 13: Bezpečnostní relé [29]	27
Obrázek 14: Hardwarová konfigurace	29
Obrázek 15: Funkční blok MC_Power	29
Obrázek 16: Funkční blok MC_Reset	30
Obrázek 17: Funkční blok MC_Home	31
Obrázek 18: Funkční blok MC_Halt	31
Obrázek 19: Funkční blok MC_MoveAbsolute	32
Obrázek 20: Funkční blok MC_MoveRelative	33
Obrázek 21: Funkční blok MC_MoveJog	34
Obrázek 22: Stavový diagram automatického režimu	36
Obrázek 23: Template	38
Obrázek 24: Úvodní obrazovka	38
Obrázek 25: Volba skladby palety	39
Obrázek 26: Neznámá skladba palety	39
Obrázek 27: Automatický provoz	40
Obrázek 28: Ruční ovládání	41

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Ztrátový výkon	25
---------------------------------	----

ÚVOD

Automatizace jednoduchých nebo opakujících se aplikací je v moderním průmyslu častým jevem. Tento druh práce bývá pro člověka fyzicky náročný, proto je málo lidí, kteří jsou ochotní vykonávat tutu činnost a narůstá tak poptávka po automatizaci procesů. To má za následek nárůst efektivity výroby a vysokou přesnost automatizovaných procesů.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem řízení kartézského dvouosého manipulátoru, který bude sloužit jako paletizátor vajíčkových proložek.

Součástí této práce je teoretický rozbor a výběr použitých servopohonů spolu s frekvenčními měniči.

V další části je popis návrhu elektrotechnické dokumentace, což zahrnuje popis všech použitých komponentů v rozvaděči, snímačů a akčních členů. Dále je v této kapitole popsáno uspořádání prvků v rozvaděči, chlazení skříně a použité bezpečnostní prvky. Celá elektrotechnická dokumentace rozvaděče je zhotovena v programu EPLAN.

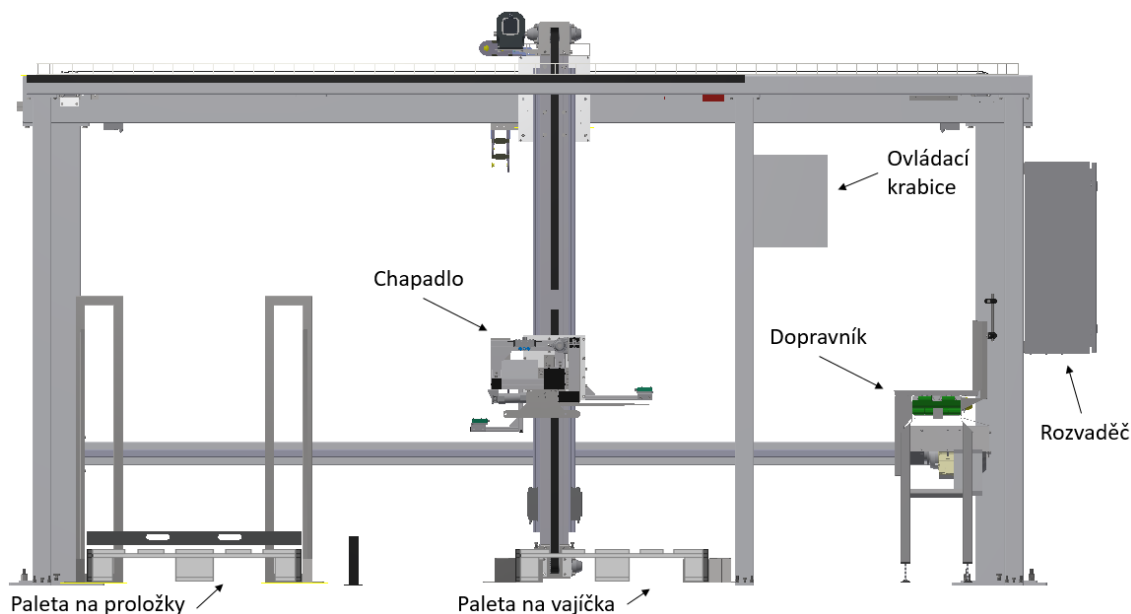
Následující část se zabývá popisem vývojového prostředí TIA portal od firmy Siemens, hardwarové konfigurace a popisem jednotlivých funkčních bloků použitých pro ovládání motorů.

Nakonec je popis jednotlivých stran vizualizace panelu, které slouží k ovládání celé linky.

1. POPIS ÚLOHY

Dvouosý kartézský manipulátor, viz: Obrázek 1 slouží k paletizaci sloupců vajíčkových proložek z jednoho dopravníku. Pohyb manipulátoru je zajištěn dvěma servopohony značky Siemens. Skládá se z chapadla, které slouží k nabírání sloupců vajíčkových proložek z dopravníku a proložek mezi patra.

Poté co je linka uvedena do chodu nabírá manipulátor sloupce vajíčkových proložek z dopravníku a skládá je na paletu. Na jedno nabrání vezme 4 sloupce a na paletu naskládá 3 řady vedle sebe. Mezi každý patro umístí manipulátor plastovou proložku z připraveného zásobníku. Po vyskládání celé palety, což je pět pater, je paleta připravena k vyvezení.



Obrázek 1: Manipulátor

2. ELEKTRICKÝ SERVOPOHON

Elektrický servopohon je regulační pohon, který se skládá z elektrického motoru, napájecího výkonového měniče a řídicího systému. Servopohon je zapojen v regulační smyčce se zpětnou vazbou většinou o rychlosti a poloze. [1]

2.1 Synchronní motor s permanentními magnety

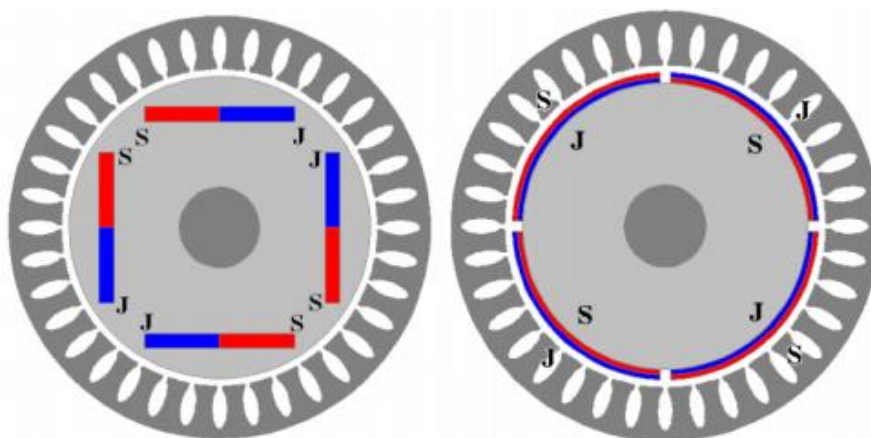
Synchronní motor s permanentními magnety (PMSM – Permanent Magnet Synchronous Motor) je střídavý motor, který je buzený permanentním magnetem.

Rotor synchronního motoru se otáčí synchronně s otáčením magnetického pole statoru a je tvořen permanentními magnety. Permanentní magnety jsou umístěny buď na povrchu rotoru tak, že jsou rozprostřeny ve vzduchové mezeře (SPMSM – Surface Permanent Magnet Synchronous Motor), nebo jsou zapuštěny do rotoru (IPMSM – Interior Permanent Magnet Synchronous Motor), viz Obrázek 2.

Stator je listěný s drážkami pro uložení obvykle třífázového vinutí se sinusovým průběhem, což je stejné jako u asynchronního motoru. Konstrukce statoru může být dvoupólová nebo vícepólová.

Výhodou PMSM motorů je velký startovací moment, účinnost, menší rozměry při zachování stejného výkonu jako mají asynchronní motory, velká momentová přetížitelnost, trvale nabuzený rotor. Naopak jejich nevýhodou jsou problémy při provozování ve vysokých teplotách (Curieova teplota), nutnost informace o pozici rotoru, složitější technologie výroby a oprav.

PMSM motory jsou nejrozšířenějším typem motorů používaných v náročných polohových aplikacích u výrobních strojů, robotů a v průmyslové automatizaci. Obvykle je součástí motoru snímač teploty statorového vinutí (termistor), který motor chrání před trvalým přetěžováním, elektromagnetická brzda zaručuje klidový stav motoru bez napájení nebo jeho zabrzdění při poruše. [1][2][3]



Obrázek 2: Základní rozdělení podle typu rotoru (vlevo - IPMSM, vpravo- SPMSM) [2]

2.1 Vektorové řízení synchronního motoru s permanentními magnety

Vektorové řízení je vhodné pro dynamicky náročné aplikace střídavých motorů a zaručuje optimální chod pohonu v přechodových dějích i v ustálených stavech. Existuje několik variant vektorového řízení, nejběžnější variantou pro synchronní motory s permanentními magnety je řízení s orientací na rotorový tok. Účelem tohoto řízení je separovat od celkového statorového proudu složku momentovou a tokovou (magnetizační). Každá složka je regulována na žádanou hodnotu proudu, čímž se docílí stejného chování střídavého stroje jako u stejnosměrného pohonu, kde jde ovládat moment motoru i jeho magnetizaci. Nevýhodou vektorového řízení je nutnost znalosti aktuální polohy rotoru. [2][4]

2.2 Měření úhlové rychlosti a polohy rotoru

Resolver – Nejčastěji je tvořen jednou primární cívkou na rotoru a dvěma sekundárními cívkami na statoru navzájem pootočenými o 90° . Primární cívka je napájena střídavým napětím. Napětí, které se indukuje v sekundárních cívkách, je závislé na natočení rotoru. Z velikostí napětí na sekundárních cívkách je možné určit absolutní polohu rotoru. Nevýhodou Resolveru je rušení vnějšími magnetickými poli. [5]

Absolutní Enkodér – Princip spočívá ve clonění světelného toku kotoučem s řadou stop, které vytvářejí obrazec odpovídající složkám vybraného kódu. Kotouč je prosvětlován a na druhé straně je světlo přijímáno fotocitlivým snímačem. Nejčastěji se používá obrazec představující Grayův kód, ten je výhodný v tom, že se při přechodu do vedlejší polohy mění jen o jeden bit, což předchází hazardním stavům při zastavení kotouče. Vliv rušivých impulzů je minimalizován. [6]

Inkrementální enkodér – Princip spočívá ve clonění světelného toku mezi zdrojem světla a přijímačem. Clonítko je kotouč, upěvněný na rotoru, pravidelně rozdělený na světlo propustné a nepropustné úseky. Posuv pravítka o jeden krok přeruší světelný svazek a výstup z fotocitlivého detektoru inkrementuje čítač. Měřená poloha je dána obsahem čítače, který se vynuluje pokaždé, když narazí na referenční značku. Nevýhodou je změna obsahu čítače rušivými impulsy, která se koriguje až při dosažení referenční značky. [5]

3. VÝBĚR POUŽITÝCH POHONŮ

3.1 Zadání

Přibližné požadavky na servo pohony:

Zdvih břemene

Hmotnost břemene 100 kg

Dodatečná hmotnost (vajíčkové proložky) 50 kg

rychlost zdvihu cca 300 mm/s

celkový zdvih 2100 mm

průměr řemenice pro navíjení řemenu 80,9 mm

Kabel pro použití v energetických řetězech, délka 10 m

Posun břemene

Hmotnost 200 kg

Dodatečná hmotnost (vajíčkové proložky) 50 kg

rychlost posuvu cca 300 mm/s

celkový posun 3600 mm

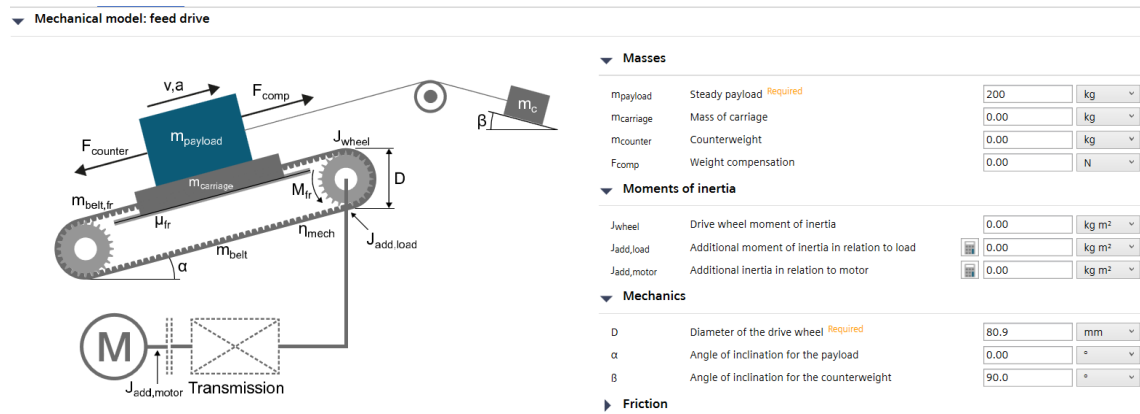
průměr řemenice pro navíjení řemenu 120 mm

Kabel v klasickém provedení, délka 5 m

3.2 Tia Selection Tool

Tia Selection tool je nástroj pro konfiguraci automatizační a pohonářské techniky. V tomto programu byly dimenzovány použité servo pohony a frekvenční měniče.

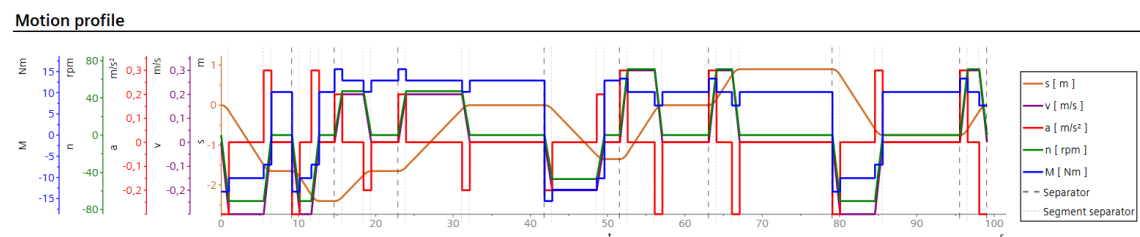
Nejprve je nutné vyplnit údaje o mechanickém modelu osy, viz: Obrázek 3. Klíčovými parametry jsou: hmotnost stálého zatížení, průměr řemenice pro navíjení řemenu a úhel sklonu vykonávaného pohybu.



Obrázek 3: Mechanický model osy posunu

Výkon manipulátoru se odvíjí od předřazeného stohovače firmy SANOVO s označením Farmpacker 100 a výkonem 36000 vaječ/ hod. [26]

Podle známých rozměrů manipulátoru, viz: 3.1 Zadání, se určí přibližné délky pohybů v jednotlivých osách, rychlost pohybu, zrychlení a zpomalení, viz: Obrázek 4. Na obrázku je vidět pohyb, který vykoná osa posuvu při jednom cyklu nabírání vajíčkových proložek, položení na paletu a umístění plastového prokladu. Z vykreslených hodnot je důležitá zadaná hodnota rychlosti a doba trvání pohybu.



Obrázek 4: Profil pohybu pro osu posunu

Při přepočítání doby trvání jednotlivých pohybů osy posuvu i osy zdvihu vyjde, že při rychlosti pohybu 300 mm/s bude manipulátoru trvat vyskládání celé palety 1027 s. Na paletě je umístěno celkem 10800 vajec, z toho vychází teoretický výkon manipulátoru 37860 vajec/hod, z čehož vyplívá, že rychlost pohybu 300 mm/s je dostačující.

Na základě zadaných pohybů, viz: Obrázek 4, a mechanického modelu, viz: Obrázek 3, program vypočítá aplikační požadavky a uživatel si může vybrat vyhovující motory výrobce Siemens.

Oba motory byly zvoleny typu SIMOTICS S – 1FK2. Jedná se o třífázové synchronní motory s permanentními magnety. Motory jsou opatřeny brzdou pro zajištění motoru při výpadku napájení. Také je součástí absolutní enkodér pro snímání otáček.

Pro řízení tohoto typu motoru se používají frekvenční měniče řady SIMANICS S210.

Posun

Motor

Označení: SIMOTICS S – 1FK2, 1FK2203-2AG10-0MA0

Výkon: 200 W

Jmenovité otáčky: 3000 rpm

Frekvenční měnič

Označení: SINAMICS S210, 6SL3210-5HB10-2UF0

Výkon: 200 W

Zdvih

Motor

Označení: SIMOTICS S – 1FK2, 1FK2203-4AG10-0SA0

Výkon: 400 W

Jmenovité otáčky: 3000 rpm

Frekvenční měnič

Označení: SINAMICS S210, 6SL3210-5HB10-8UF0

Výkon: 750 W

Při takovéto konfiguraci osy zdvihu by byl přetížený integrovaný brzdňý rezistor frekvenčního měniče, viz: Obrázek 5. Z toho důvodu je nutné použít externí brzdňý rezistor. Výrobce udává doporučené hodnoty externího brzdňého rezistoru pro tento typ frekvenčního měniče:[27]

Odpor $50\ \Omega$

Jmenovitý výkon 380 W

Na základě těchto hodnot byl vybrán externí brzdňý rezistor TESLA TR319T s odporem $60\ \Omega$ a výkonem 600 W.

Braking resistor suitability ⓘ				
Description	Actual	Limit	Unit	
Load cycle duration	96.6		s	
Regenerative duty cycle load ⓘ	24.4		%	
Load mean regenerative power ⓘ	36.2		W	
✓ Max. braking power (P_{max})	0.204	2.40	kW	
✗ Mean braking power (P_{DB})	98.1	40.0	W	
✗ Braking resistor energy utilization	245	100	%	
Show details				

Obrázek 5: Přetížený brzdňý rezistor

4. ELEKTROTECHNICKÁ DOKUMENTACE

V této kapitole je rozebrán postup při návrhu elektrotechnické dokumentace. Při návrhu dokumentace je nutné znát počet všech akčních členů a snímačů. Na základě těchto znalostí se určí počet vstupních/výstupních karet PLC, vyberou se vhodné výkonové, ovládací a bezpečnostní prvky. V posledním kroku se vybere velikost rozvaděčové skříně, určí se její oteplení a navrhne se dostatečné chlazení.

Kompletní elektrotechnická dokumentace včetně nákresu pneumatického schéma zapojení je zhotoveno v programu EPLAN a je dostupná v příloze práce.

4.1 Výběr komponentů

V této kapitole jsou popsány použité komponenty.

4.1.1 Napájení

Hlavní vypínač slouží především pro nouzové vypnutí přístroje a odpojení elektrického zařízení při ohrožení. Hlavní vypínač se vybírá podle počtu odpínaných pólů a velikosti jmenovitého proudu. Do rozvaděče byl zvolen hlavní vypínač s hodnotou 20 A, jelikož by celkový odběr neměl přesáhnout hodnotu 16 A.

Jistič je bezpečnostní prvek, který zajišťuje nadproudovou ochranu. Protéká-li obvodem větší proud, než je hodnota jističe, odpojí daný okruh a ochrání zapojené přístroje. Jističe se vybírají podle počtu odpínaných fází, vypínací charakteristiky (B, C, D), podle jmenovitého proudu a podle vypínací schopnosti. Jelikož je do rozvaděče přivedeno 1f napájení jsou všechny použité jističe jednofázové. Pro jištění frekvenčních měničů byli zvoleny jističe s charakteristikou C z důvodu velkého náběhového proudu s hodnotami 6 A a 10 A. dále je jištěn zdroj (6 A), ventilátor (6 A) a pro jištění zásuvky je použit kombinovaný jistič s proudovým chráničem (10 A, 30 mA), všechny s vypínací charakteristikou B. Všechny vybrané jističe mají vypínací schopnost 10 kA.

Zdroj slouží k napájení řídicích a ovládacích obvodů, snímačů a frekvenčních měničů. V rozvaděči je použit spínaný zdroj Weidmüller PRO ECO 24 V 5 A 120 W, s uzemněným obvodem PELV.

Frekvenční měnič je zařízení umožňující plynule nebo skokově regulovat otáčky motoru. Slouží také pro plynulý rozběh nebo doběh motoru bez proudových a mechanických rázů. Změny frekvence se docílí usměrněním střídavého napětí na stejnosměrné. Následně je pomocí pulzně šířkové modulace dosaženo regulace otáček.

Mezi motorem a měničem je nutné použít stíněný kabel k odstínění rušivých vlivů.

4.1.2 Řídicí systém

Programovatelný automat neboli PLC (Programmable Logic Controller) slouží k řízení procesů v reálném čase. Je přizpůsoben pro řízení v náročných podmínkách průmyslové výroby (vibrace, prach, výkyvy teplot atd.). Řídicí systém pro tu to aplikaci byl zvolen od firmy Siemens, konkrétně CPU 1510SP-1 PN (6ES7510-1DJ01-0AB0), viz. Obrázek 6. Tento systém je určen k řízení úloh středně velkého rozsahu nebo pro komplexní a náročné aplikace. Disponuje velkým výkonem a efektivitou. Oproti předchozím modelům jsou rozšířeny technologické funkce (př. Motion control), zdokonalený bezpečnostní opatření, výkon nebo třeba také rychlejší odezva systému. [15]

Řídicí systém je napájen 24 V DC ze zdroje napětí a je jištěn tavnou pojistkou. jmenovitý proud systému je 0,6 A, náběhový proud může mít několikanásobně vyšší hodnotu z toho důvodu byla zvolena pojistka s hodnotou 2 A. [7]

K řídicímu systému jsou přidány dva moduly s digitálními vstupy, jeden obsahuje 16 vstupů s řídicím napětím 24 V DC. Reálně je využito 23 vstupů. Dále je k řídicímu systému přidán jeden modul obsahující 16 digitálních výstupů s maximálním spínacím proudem 0,5 A, využito je jich deset.

Napájecí modul slouží k napájení vstupních/výstupních modulů přidaných k řídicímu systému. Maximální proudové zatížení těchto modulů je 10 A. V projektu jsou použity dva moduly pro napájení vstupních karet a jeden modul pro napájení výstupní karty. Vstupní i výstupní moduly jsou zvlášť jištěny tavnou pojistkou s hodnotou 2 A. Maximální proudová zátěž napájecích modulů je 10 A.[22]



Obrázek 6: Řídicí systém, napájecí modul, výstupní karta [7][21][22]

4.1.3 Ovládací prvky

Pro ovládání linky slouží ovládací panel, viz. Obrázek 7, s označením GA01. Z důvodu nedostatku místa jsou všechny ovládací prvky umístěny mimo hlavní rozvaděč.

- Ovládací panel: více v kapitole: 6 Vizualizace.
- Tlačítko start: Podržení tlačítka start po dobu 3 s spustí automatický chod linky. Bílá světelná signalizace tlačítka udává informaci o tom, zda je linka v provozu. Blikání značí spouštění nebo ukončení provozu.
- Tlačítko stop: slouží k ukončení provozu.
- Tlačítko kvitace: slouží k potvrzení aktivních alarmů. Blikání tlačítka kvitace upozorňuje na aktivní poruchu. Seznam alarmů je v kapitole 5.4 Poruchové hlášky.
- Signálka výstrahy: Blikání upozorňuje na aktivní alarm typu: výstraha.
- Tlačítko nouzového zastavení: tlačítko s aretací slouží k okamžitému zastavení linky.
- Zvuková siréna: Slouží k ohlášení spouštění linky a poruchy.



Obrázek 7: Ovládací krabice

4.1.4 Snímače a akční členy

Všechny použité snímače i akční členy jsou napájeny 24 V DC.

Indukčnostní senzor

Indukční senzor slouží k bezkontaktnímu detekování elektricky vodivého materiálu. Je tvořen cívkou s feritovým jádrem, která reaguje na změnu magnetického pole, ta se projeví jako napěťový impuls na výstupu senzoru. [6]

Tento typ senzoru je použit ke snímání referenční pozice umístění chapadla.

Magnetický senzor pro pneumatické válce.

Využívá faktu, že magnetické pole prochází skrz nemagnetické kovy jako je hliníková stěna pneumatického válce. Senzor reaguje na magnetické pole permanentního magnetu, který je umístěn na konci pneumatického válce.

Tyto senzory jsou použity pro snímání koncových poloh (otevřeno/zavřeno) všech použitých pneumatických válců.

Optoelektronické snímače

Jsou založené na odrazu světelného paprsku od snímaného objektu.

Snímače s potlačeným pozadím se skládají z vysílací diody a detekčního prvku, které jsou uspořádány tak, aby snímač zachytil pouze paprsky odražené od objektů v aktivní zóně. [6]

Tento typ snímače, viz: Obrázek 8, je použitý pro snímání přítomnosti palet, proložek i vajíčkových proložek jak na dopravníku, tak na chapadle.



Obrázek 8: Použité optoelektronické snímače[23][24]

Koncový spínač

Mechanický koncový spínač slouží ke spínání/rozpínání elektrického obvodu. Spínač je tvořený mechanickou a elektrickou částí, kterou tvoří spínací kontakty. Mechanickou část koncového spínače může tvořit páčka, viz: Obrázek 9, která při změně polohy sepne elektrické kontakty.

Tento typ snímače je použit pro snímání koncových poloh na manipulátoru využívá rozpínacích kontaktů.



Obrázek 9: Koncový spínač

Pneumatické válce

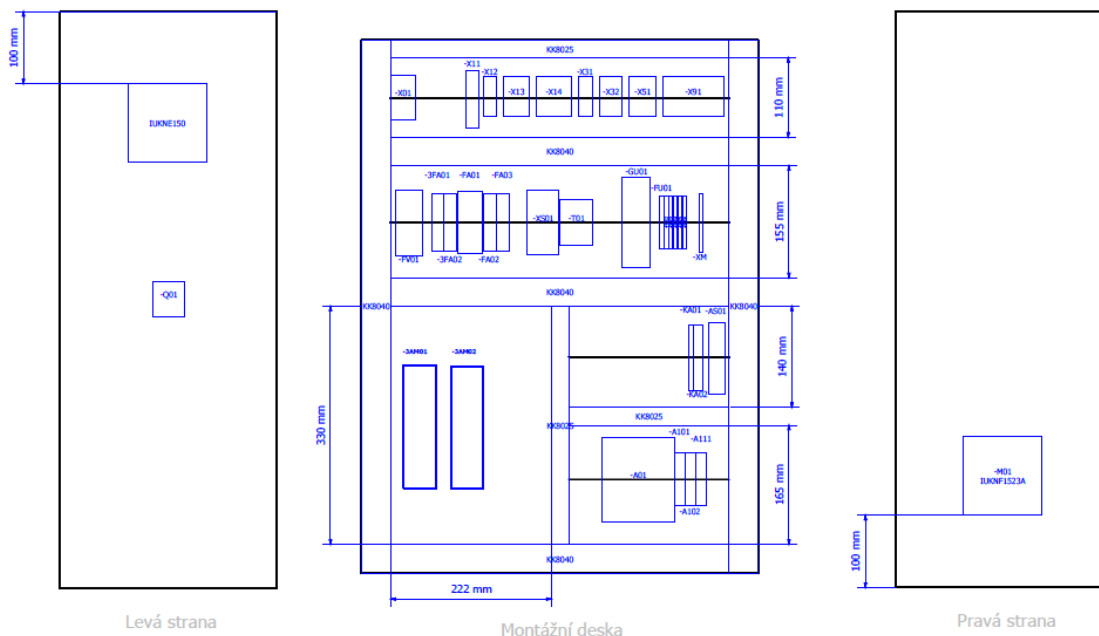
Pro nabírání prokladu mezi patra a naklánění vajíčkových prokladů se starají dvojčinné pneumatické válce opatřené škrtícími ventily. Dva válce s vedením a jeden bez vedení. O ovládání těchto pneumatických válců se starají dva elektromagnetické ventily s ovládacím napětím 24 V DC. Hlavní přívod vzduchu je přivedený přes ruční ventil, filtr vzduchu a manometr. Celá tato soustava je umístěna na boční straně rozvaděče.

4.2 Uspořádání desky a výběr rozvaděče

Po zhotovení elektrického schéma zapojení a vyspecifikování všech použitých prvků se může začít s návrhem uspořádání desky skříně. V programu EPLAN se při přidávání konkrétních artiklů ukládají data o rozměrech zařízení, což výrazně šetří čas při kreslení náhledu skříně. Pro předběžný návrh si všechny prvky vyskládáme na nakreslenou DIN lištu, aby byli spoje co nejkratší. Kabelové vývody jsou na vrchní straně rozvaděče, proto tam jsou umístěny i svorkovnice. Jistící prvky jsou umístěny hned pod přívodní svorkovnicí spolu s prvky, které jsou jimi napájeny. Stíněné kabely jsou přivedeny přímo k frekvenčním měničům, proto je dobré je umístit ke straně rozvaděče. Při montáži je důležité řídit se pokyny výrobce, jinak může dojít k přehřívání a následnému zničení frekvenčních měničů. Řídicí systém a spínací prvky jsou umístěny ve spodní části rozvaděče.

Prvky je nutné umístit tak, aby se silové a datové vodiče co nejméně nacházely ve stejném žlabu. Toto se odvíjí od umístění hlavního vypínače, v našem případě je umístěn na levé straně rozvaděče, takže přívodní kabel a všechny silové prvky budou na levé straně montážní desky.

Vzhledem k rozmístění prvků byl vybrán ocelový rozvaděč s rozměry 800x600x300 od výrobce Schrack Technik. Předběžný návrh se upraví podle známých rozměrů montážní desky a doplní se o dostatečné velké kabelové žlaby pro uložení vodičů. Hotové uspořádání skříně je vidět na Obrázek 10.



Obrázek 10: Uspořádání skříně

4.3 Chlazení skříně

Poslední krok před vytvořením dokumentace je výpočet ztrátového výkonu použitých komponentů a případné přidání chlazení skříně. K tomuto účelu byl použit program SchrackDesign, kde stačí vybrat použitou skříň, zadat údaje o ztrátovém výkonu a rozsah okolní teploty.

Ztrátový výkon jednotlivých komponent byl získán z technických manuálů, jejich výpis a celkový součet je vidět v Tabulka 1. Celkový ztrátový výkon vychází na 126,7 W, po započítání rezerv je tato hodnota zaokrouhlena na 150 W. Okolní teplota se pohybuje v rozmezí 15 až 25 °C. Při takto nastavených podmínkách vychází teplota v rozvaděči na 49 °C a jelikož maximální provozní teplota řídicího systému je 40 °C musí se do rozvaděče umístit ventilátor. [7]

Pro lepší cirkulaci vzduchu byl ventilátor umístěn na pravou dolní stranu rozvaděče a výstupní filtr na levou horní stranu. Ventilátor je spouštěný termostatem, který se spíná při 25 °C.

Po přidání ventilátoru vychází maximální teplota v rozvaděči na 25 °C, viz: Obrázek 11.

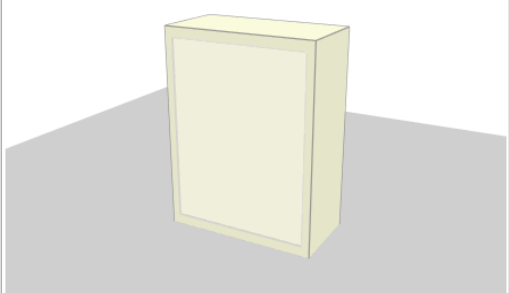
Tabulka 1: Ztrátový výkon

Prvek:	Ztrátový výkon [W]
Frekvenční měnič 750 W	71,1
Frekvenční měnič 200 W	23,3
Zdroj	13
Řídicí systém	5,6
2x Vstupní karty	3,6
Výstupní karta	1
Jistič s proudovým chráničem B10-0.003/AC	2,5
2x Jistič B6/1	3,6
Jistič C10/1	1,5
Jistič C6/1	1,5
celkem	126,7


Tabulka čerpá z literatury [7] - [13], [21] - [22]

Název	Množství	Max. teplota okolí [°C]	Ztrátový výkon [W]
Ventilátor PF11000, krytí IP54,230VAC	1	55,0	0,6

Šablona ?
Min. teplota okolí ? 15 °C
Max. teplota okolí ? 25 °C
Dodatečný ztrátový výkon ? 150,0 W
Druh zatížení ? Jeden obvod
Činitel předpokládaného zatížení ? 0,8
Hlavní jistič ? 20 A
Teplota na vrchní stěně skříně ? 25,0 °C
Maximální povolená teplota ? 55,0 °C
Zbývající dostupný ztrátový výkon ? 264,4 W
Ztrátový výkon komponent ? 0,6 W

Typ instalace Volně stojící
Čelní pohled


25 / 55 °C


Vybraná skříň a zařízení mohou být použity v této konfiguraci podle normy IEC 890+A1.

Obrázek 11: Oteplení rozvaděče v programu SchrackDesign

4.4 Použité kabely

Kabel pro motor

Pro propojení motorů s měničem je použit předpřipravený kabel od firmy siemens, viz: Obrázek 12. Výhoda spočívá ve sloučení napájecího napětí pro motor, napětí pro ovládání brzdy a signálu ze snímače otáček do jednoho stíněného kabelu. Pro připojení k motoru je použit konektor. U frekvenčního měniče se zapojují jednotlivé vodiče do svorkovnic.



Obrázek 12: Kabel pro motor [25]

Kabely s konektorem M12:

Použité optoelektronické a indukční snímače se připojují přes čtyřpinový konektor typu M12. Pro urychlení práce byli použity kabely opatřené tímto typem konektoru.

Zapojení vodičů v konektoru:

- 1 (hnědá): +24 V DC
- 2 (bílá): rozpínací kontakt snímače
- 3 (modrá): 0 V DC
- 4 (černá): spínací kontakt snímače

Ostatní použité kabely:

Pro propojení přechodových krabic a rozvaděče byly použity vícežilové PVC kabely s číslovanými vodiči z jemných měděných drátů určené pro pevné uložení s označením ÖLFLEX® CLASSIC 110 od výrobce LAPP.

Kabely vedené na chapadlo jsou uloženy v energetických řetězech, z toho důvodu musely být použity flexibilní kabely s označením ÖLFLEX® CLASSIC FD 810.

4.5 Popis bezpečnostních prvků

Celý prostor manipulátoru je zabezpečen proti neočekávanému vstupu oplocením a bezpečnostním dveřním spínačem.

Popis bezpečnostních prvků:

Bezpečnostní relé

Bezpečnostní relé, viz: Obrázek 13, primárně zabraňuje vzniku nebezpečných situací, které mohou nastat v případě poškozených spínacích prvků nebo spečených kontaktů.

Bezpečnostní prvky používají vždy zdvojené rozpínací kontakty. V případě, že se jeden z kontaktů poškodí, relé není možné resetovat, dokud se závada neodstraní.

Bezpečnostní relé během pár milisekund vyhodnotí přerušení signálu ze zapojených bezpečnostních prvků a vypíná stroj. [28]

V projektu jsou do obvodu bezpečnostního relé zapojeny dvě bezpečnostní tlačítka a dva dveřní kontakty. Výstupy z relé jsou přivedeny na bezpečnostní vstupy frekvenčních měničů, jejichž odpojení způsobí zastavení motorů. Pro resetování slouží relé, které je spínáno výstupem z řídicího systému.



Obrázek 13: Bezpečnostní relé [29]

Tlačítko nouzového zastavení

Červené hříbové tlačítko s aretací slouží k odpojení bezpečnostního relé a uvedení celé linky do bezpečného stavu. V prostoru linky je jedno bezpečnostní tlačítko umístěno na ovládací krabici, druhé bude umístěno podle požadavků zákazníka.

Bezpečnostní dveřní kontakt

Po rozpojení dveřních kontaktů dojde k zastavení linky.

5. ŘÍDÍCÍ SOFTWARE

5.1 Tia Portal

Totally Integrated Automation Portal je software společnosti Siemens, který sdružuje všechno potřebné pro automatizaci daného zařízení. V prostředí TIA Portal je možné programovat a diagnostikovat řídicí systémy, elektrické pohony, ovládací prvky nebo také zajišťovat funkční bezpečnost stroje atd. [18]

Programovací jazyky podporované programem Tia Portal: [17]

- LAD: Ladder Diagram nebo taky reléové schéma
- FBD: funkční blokový diagram
- SCL: strukturovaný text
- GRAPH: sekvenční diagram
- STL: instrukční list

5.1.1 Bloky v Tia Portalu

OB – Organizační bloky (Organisation blocks)

Organizační bloky jsou rozhraním mezi operačním systémem a programem uživatele. Jsou volány operačním systémem a obsluhují cyklické zpracování chyb, zpracování alarmů nebo zpracování chyb systému. Patří sem například Startup OB, Cycle OB, Time Interrupt OB. [19]

FC – Funkce (Functions)

Funkce je část programu bez přidělené paměti. Lokální data proměnných jsou ztracena následně po provedení funkce. Využit se může k výpočtu matematických operací nebo zpracování technologických procesů. Funkci je možné volat vícekrát z různých míst programu, což ulehčuje programování opakujících se funkcí. [19]

FB – Funkční bloky (Functions blocks)

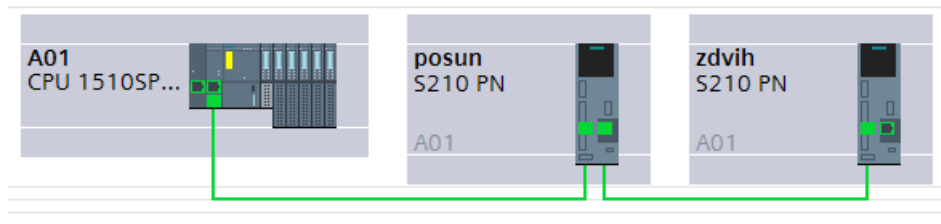
Funkční blok je část programu, který ukládá hodnoty proměnných do instance Datový blok, který staticky uchovává data. Také jsou nazývány bloky s pamětí. [19]

DB – Datové bloky (Data blocks)

Datové bloky neobsahují instrukce, ale používají se k uložení dat uživatele. Datový blok obsahuje hodnoty proměnných, které používá program pro práci. Každý funkční blok nebo organizační blok může zapisovat i číst data z DB. [19]

5.2 Hardwarová konfigurace

V první řadě je potřeba vytvořit Hardwarovou konfiguraci, viz: Obrázek 14. V Tia Portal v záložce pro hardwarové nastavení se vyberou všechny komponenty, se kterými se bude pracovat. Produkty od výrobce Siemens jsou obsaženy v knihovně, je možné je vyhledat pomocí objednávacího kódu. Pokud je k dispozici reálná sestava je možné hardwarovou konfiguraci importovat. Dále je nutné definovat komunikační propojení, v mém případě PROFINET, mezi komponenty a přiřadit vhodné IP adresy.



Obrázek 14: Hardwarová konfigurace

5.3 Funkční bloky pro ovládání servo motorů

V této kapitole jsou popsány všechny funkční bloky, které byly použity pro ovládání motorů.

5.3.1 MC_Power

Funkční blok MC_power, viz: Obrázek 15, aktivuje technologický objekt (osa nebo enkodér), který je k němu přiřazený. [16]

```
"MC_POWER_DB"(Axis:=_param_fb_in_,  
    Enable:=_bool_in_,  
    StartMode:=_dint_in_,  
    StopMode:=_int_in_,  
    Status=>_bool_out_,  
    Busy=>_bool_out_,  
    Error=>_bool_out_,  
    ErrorId=>_word_out_);
```

Obrázek 15: Funkční blok MC_Power

Popis vstupních/výstupních parametrů:

- Axis: přiřazení Technologického objektu.
- Enable: softwarové povolení.
- StartMode: pokud vznikne error, který je resetován a enable je true, status se nastaví na true, pokud StartMode = 1.

- StopMode: při deaktivaci funkčního bloku (Enable = false) osa zastaví podle definované rampy. 0 = Emergency stop, 1 = Immediate stop, 2 = Stop with dynamic values.
- Status: je true pokud je funkční blok aktivovaný, tzn. Error je false.
- Busy: Je true po celou dobu běhu funkčního bloku.
- Error: Při vzniku poruchy je true.
- ErrorId: Při vzniku poruchy vypíše identifikační kód.

V programu je použitý StopMode = 2.

5.3.2 MC_Reset

Pomocí bloku MC_Reset, viz: Obrázek 16, se kvitují poruchy ve všech funkčních blocích. [16]

```
"MC_RESET_DB"(Axis:=_param_fb_in_,
               Execute:=_bool_in_,
               Restart:=_bool_in_,
               Done=>_bool_out_,
               Busy=>_bool_out_,
               CommandAborted=>_bool_out_,
               Error=>_bool_out_,
               ErrorId=>_word_out_);
```

Obrázek 16: Funkční blok MC_Reset

- Axis – přiřazení technologického objektu.
- Execute: softwarové povolení.
- Done: nastaví se na true po úspěšném resetování.
- Busy: Je true po celou dobu vykonávání funkčního bloku.
- CommandAborted – nastaví se na true, pokud nemohl být funkční blok úspěšně dokončen.
- Error: Při vzniku poruchy je true.
- ErrorId: Při vzniku poruchy vypíše identifikační kód.
-

5.3.3 MC_Home

Pomocí bloku MC_Home, viz: Obrázek 17, se propojí poloha používaná v technologickém objektu a skutečná mechanická poloha. [16]

```

"MC_HOME_DB"(Axis:=_param_fb_in_,
              Execute:=_bool_in_,
              Position:=_lreal_in_,
              Mode:=_int_in_,
              ReferenceMarkPosition=>_lreal_out_,
              Done=>_bool_out_,
              Busy=>_bool_out_,
              CommandAborted=>_bool_out_,
              Error=>_bool_out_,
              ErrorId=>_word_out_);

```

Obrázek 17: Funkční blok MC_Home

- Axis: přiřazení Technologického objektu.
- Execute: softwarové povolení.
- Position: hodnota která je použita v závislosti na zvoleném módu.
- Mode: volba homovacího režimu.
- ReferenceMarkPosition: vypíše pozici ve které je technologický objekt v poloze home.
- Done: nastaví se na true po úspěšném homování.
- Busy: Je true po celou dobu vykonávání funkčního bloku.
- CommandAborted: nastaví se na true, pokud nemohl být funkční blok úspěšně dokončen.
- Error: Při vzniku poruchy je true.
- ErrorId: Při vzniku poruchy vypíše identifikační kód.

V Programu je použitý mode = 7, který se používá pro motory s absolutním enkodérem. Při aktivování bloku se hodnota v parametru "Position" uloží do aktuální pozice technologického bloku. Tato hodnota je uložena v retentive paměti.

5.3.4 MC_Halt

Blok MC_Halt, viz: Obrázek 18, zabrzdí osu do úplného zastavení. [16]

```

"MC_HALT_DB"(Axis:=_param_fb_in_,
              Execute:=_bool_in_,
              Deceleration:=_lreal_in_,
              Jerk:=_lreal_in_,
              AbortAcceleration:=_bool_in_,
              Done=>_bool_out_,
              Busy=>_bool_out_,
              CommandAborted=>_bool_out_,
              Error=>_bool_out_,
              ErrorId=>_word_out_);

```

Obrázek 18: Funkční blok MC_Halt

- Axis: přiřazení technologického objektu.
- Execute: softwarové povolení.
- Deceleration: zpomalení
- Jerk: omezení rychlosti změny zrychlení/zpomalení během pohybu osy.
- AbortAcceleration: povolení omezení rychlosti změny zrychlení během pohybu osy.
- Done: nastaví se na true po úplném zastavení.
- Busy: Je true po celou dobu vykonávání funkčního bloku.
- CommandAborted: nastaví se na true, pokud nemohl být funkční blok úspěšně dokončen.
- Error: Při vzniku poruchy je true.
- ErrorId: Při vzniku poruchy vypíše identifikační kód.

5.3.5 MC_MoveAbsolute

Pomocí funkčního bloku MC_MoveAbsolute, viz: Obrázek 19, se dá pohybovat osou na absolutní pozici. [16]

```
"MC_MOVEABSOLUTE_DB"(Axis:=_param_fb_in_,
    Execute:=_bool_in_,
    Position:=_lreal_in_,
    Velocity:=_lreal_in_,
    Acceleration:=_lreal_in_,
    Deceleration:=_lreal_in_,
    Jerk:=_lreal_in_,
    Direction:=_int_in_,
    Done=>_bool_out_,
    Busy=>_bool_out_,
    CommandAborted=>_bool_out_,
    Error=>_bool_out_,
    ErrorId=>_word_out_);
```

Obrázek 19: Funkční blok MC_MoveAbsolute

- Axis: přiřazení Technologického objektu.
- Execute: spuštění pohybu.
- Position: cílová pozice.
- Velocity: rychlost pohybu.
- Acceleration: zrychlení.
- Deceleration: zpomalení.
- Jerk: omezení rychlosti změny zrychlení/zpomalení během pohybu osy.
- Direction: směr pohybu.
- Done: nastaví se na true po dokončení pohybu.
- Busy: je true po celou dobu pohybu osy.

- CommandAborted: nastaví se na true, pokud nemohl být funkční blok úspěšně dokončen.
- Error: Při vzniku poruchy je true.
- ErrorId: Při vzniku poruchy vypíše identifikační kód.

5.3.6 MC_MoveRelative

Pomocí funkčního bloku MC_MoveRelative, viz: Obrázek 20, se dá pohybovat osou o danou vzdálenost od aktuální polohy. [16]

```
"MC_MOVERELATIVE_DB"(Axis:=_param_fb_in_,
    Execute:=_bool_in_,
    Distance:=_lreal_in_,
    Velocity:=_lreal_in_,
    Acceleration:=_lreal_in_,
    Deceleration:=_lreal_in_,
    Jerk:=_lreal_in_,
    Done=>_bool_out_,
    Busy=>_bool_out_,
    CommandAborted=>_bool_out_,
    Error=>_bool_out_,
    ErrorId=>_word_out_);
```

Obrázek 20: Funkční blok MC_MoveRelative

- Axis: přiřazení technologického objektu.
- Execute: spuštění pohybu.
- Distance: relativní vzdálenost o kterou se osa posune.
- Velocity: rychlost pohybu.
- Acceleration: zrychlení.
- Deceleration: zpomalení.
- Jerk: omezení rychlosti změny zrychlení/zpomalení během pohybu osy.
- Done: nastaví se na true po dokončení pohybu.
- Busy: je true po celou dobu pohybu osy.
- CommandAborted: nastaví se na true, pokud nemohl být funkční blok úspěšně dokončen.
- Error: Při vzniku poruchy je true.
- ErrorId: Při vzniku poruchy vypíše identifikační kód.

5.3.7 MC_MoveJog

Pomocí funkčního bloku MC_MoveJog, viz: Obrázek 21, se dá pohybovat osou konstantní rychlostí. [16]

```
"MC_MOVEJOG_DB"(Axis:=_param_fb_in_,  
    JogForward:=_bool_in_,  
    JogBackward:=_bool_in_,  
    Velocity:=_lreal_in_,  
    Acceleration:=_lreal_in_,  
    Deceleration:=_lreal_in_,  
    Jerk:=_lreal_in_,  
    PositionControlled:=_bool_in_,  
    InVelocity=>_bool_out_,  
    Busy=>_bool_out_,  
    CommandAborted=>_bool_out_,  
    Error=>_bool_out_,  
    ErrorId=>_word_out_);
```

Obrázek 21: Funkční blok MC_MoveJog

- Axis: přiřazení technologického objektu.
- JogForward: spuštění pohybu dopředu.
- JogBackward: spuštění pohybu dozadu.
- Velocity: rychlost pohybu.
- Acceleration: zrychlení.
- Deceleration: zpomalení.
- Jerk: omezení rychlosti změny zrychlení/zpomalení během pohybu osy.
- InVelocity: dosažení nastavené rychlosti pohybu.
- Busy: je true po celou dobu pohybu osy.
- CommandAborted: nastaví se na true, pokud nemohl být funkční blok úspěšně dokončen.
- Error: Při vzniku poruchy je true.
- ErrorId: Při vzniku poruchy vypíše identifikační kód.

5.4 Poruchové hlášky

Všechny alarmy jsou mapovány do datového bloku, který slouží ke komunikaci s HMI. V programu jsou použity tři druhy alarmů, liší se v důležitosti.

- MajorAlarms: alarmy s nejvyšší prioritou. Ve vizualizaci se označují červenou barvou a zapříčiní okamžité zastavení linky.
- MinorAlarms: způsobí ukončení výroby, ve vizualizaci jsou označovány šedou barvou
- Warnings: informují obsluhu o mimořádném stavu, ve vizualizaci jsou označeny žlutou barvou.

Každá skupina alarmů má vyhrazených 64 bitů.

Výpis MajorAlarms:

- E-Stop 1
- E-Stop 2
- Dveřní kontakt 1
- Dveřní kontakt 2
- Chybí paleta na vajíčka
- Bezpečnostní relé
- Ztráta vajíček
- Špatné vyložení vajíček
- Posun - Chapadlo mimo rozsah
- Posun - Motion control error
- Zdvih - Chapadlo mimo rozsah
- Zdvih - Motion control error
- PV náklon - Neotevřel
- PV náklon - Nezavřel
- PV náklon - Chyba zpětných hlášek
- PV proložka - Neotevřel
- PV proložka - Nezavřel
- PV proložka - Chyba zpětných hlášek

Výpis MinorAlarms:

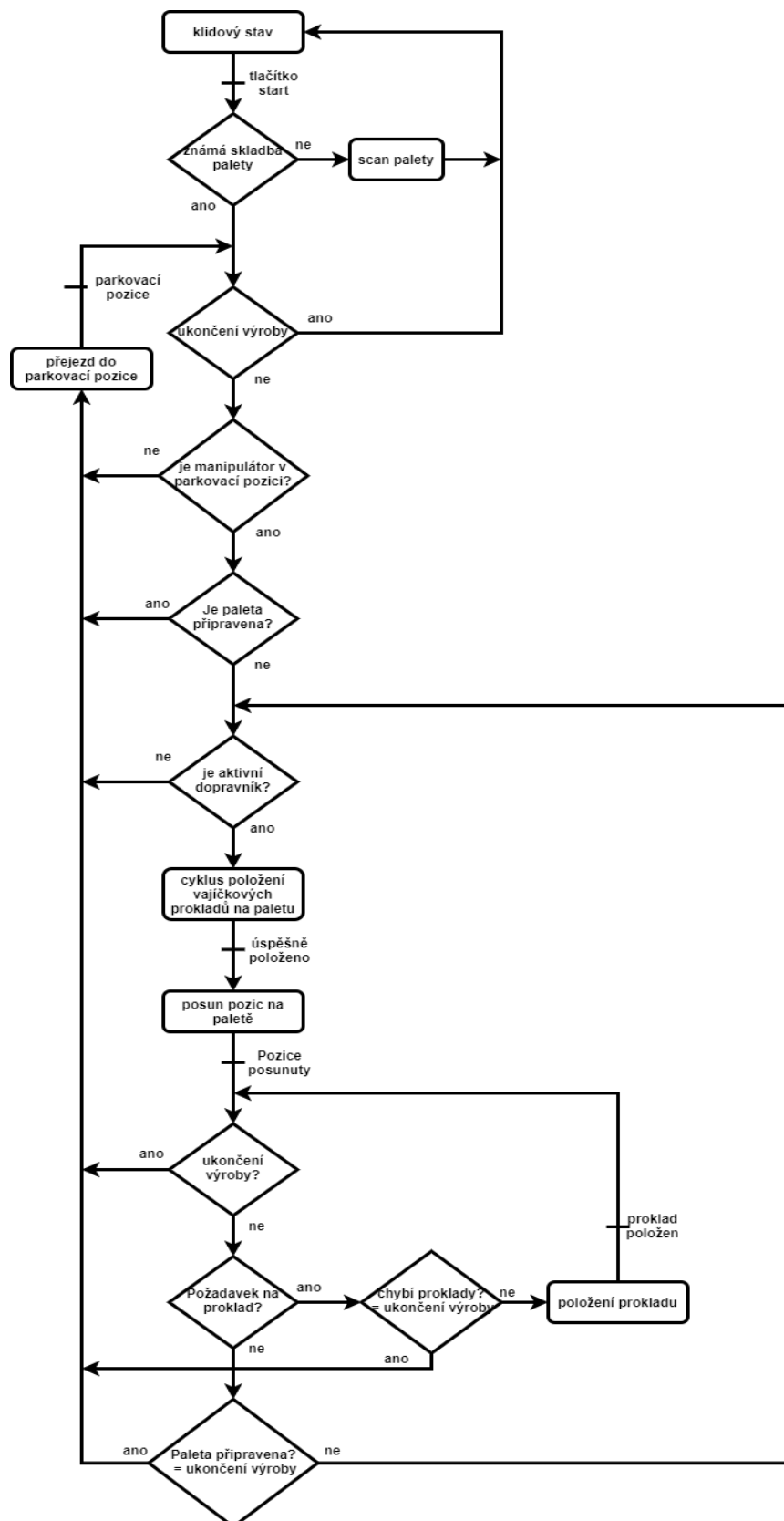
- Ukončení výroby
- Chybí paleta - proklady
- Chybí proklady
- Paleta s vajíčky připravena

Výpis Warnings:

- Dochází proložky
- Zdvih - bypass
- Zdvih - max. pozice
- Zdvih - min. pozice
- Zdvih - bypass
- Zdvih - max. pozice
- Zdvih - min. pozice

5.5 Popis automatického režimu

Program automatického režimu funguje jako stavový automat, viz: Obrázek 22 Po spuštění programu je nutné znát aktuální skladbu vajíčkových prokladů na paletě. Pokud není požadavek na položení prokladu, manipulátor čeká v zaparkované pozici, dokud nebude mít od dopravníku hlášku potvrzující přítomnost vajíčkových proložek. Poté postupně přesouvá vajíčkové proložky na paletu, dokud není paleta naplněna nebo není požadavek na položení prokladu.



Obrázek 22: Stavový diagram automatického režimu

6. VIZUALIZACE

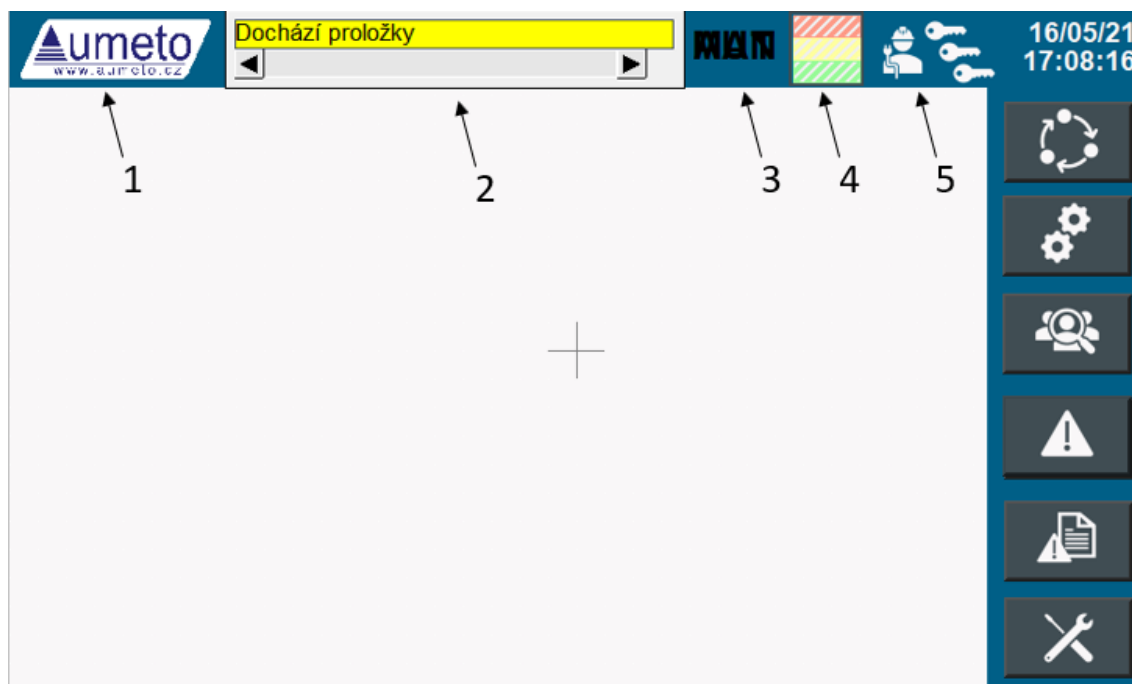
V této kapitole je popsána vizualizace, pro kterou byl zvolen 7mi palcový dotykový panel od výrobce Weintek umístěný do ovládací krabice. Panel obsahuje dvakrát COM port (kombinovaný RS232 a RS485), jeden standartní velký USB port 2.0 a dva ethernetové konektory RJ-45. Panel umožňuje nastavit odlišné komunikační parametry a vytvořit dvě zcela oddělené komunikační sítě, které jsou na sobě nezávislé. Pro připojení panelu na cloud server Weintek slouží funkce EasyAccess 2.0, díky této funkci je možné se k panelu vzdáleně připojit. Vizualizace byla vytvořena v programu EasyBuiler. [14]

6.1 Popis jednotlivých stran vizualizace

Grafický template, viz. Obrázek 23, obsahuje grafiku záhlaví a bočních tlačítek. Slouží jako podklad pro ostatní obrazovky.

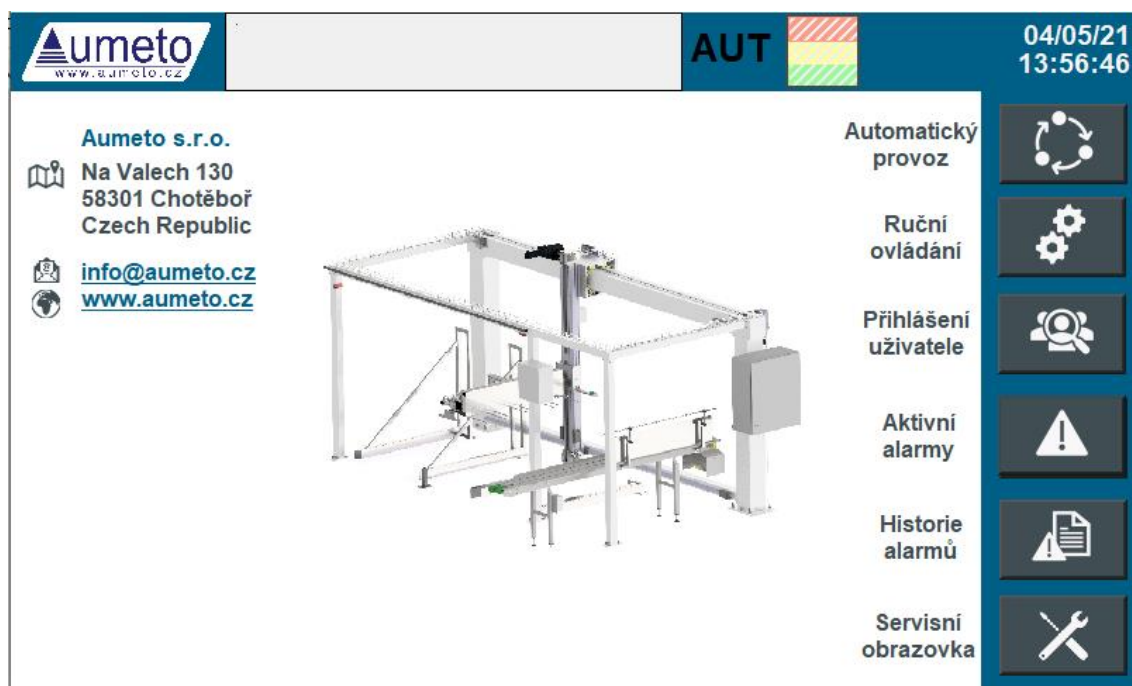
- 1: Logo firmy slouží jako funkční tlačítko pro přesměrování na úvodní obrazovku.
- 2: Uprostřed strany se nachází dva řádky aktivních alarmů pro snadnou orientaci o aktuálním stavu linky, slouží také jako tlačítko pro přesměrování na obrazovku s aktivními alarmy.
- 3: Text AUT a MAN slouží k informaci, zda je program v automatickém nebo manuálním režimu.
- 4: Grafické znázornění majáku, červená barva znamená poruchu, žlutá barva znamená výstrahu, zelená barva znamená chod linky.
- 5: Graficky znázorňuje přihlášeného uživatele, jeden až tři klíče představují uživatele – operátor, technolog a servis. Při zobrazení panáčka je přihlášen administrátor.

V pravém horním rohu je zobrazen čas a datum.



Obrázek 23: Template

Úvodní obrazovka, viz Obrázek 24 ,se zobrazí po spuštění nebo po kliknutí na logo firmy. Obsahuje pouze pohled na linku bez žádného funkčního ovládání a popis jednotlivých tlačítek.



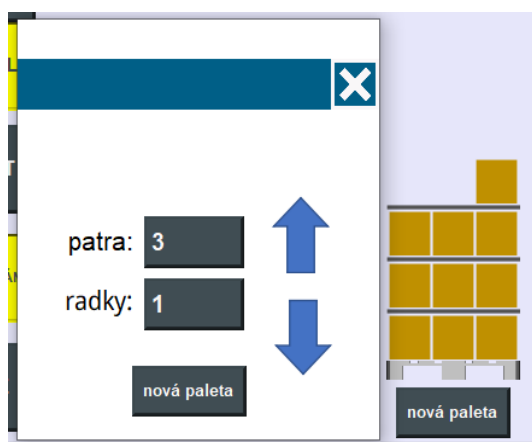
Obrázek 24: Úvodní obrazovka

Obrazovka Automatický provoz, viz: Obrázek 27, graficky znázorňuje aktuální skladbu vajíčkových proložek na paletě a počet proložek. Dále jsou na obrazovce tlačítka pro přepínání mezi automatickým a manuálním režimem, tlačítko reset pro restart programu, tlačítko parkování/zaparkováno po jehož podržení zajede manipulátor do výchozí pozice. Stisknutí Home tlačítka, které je viditelné pouze po přihlášení technologa, začne cyklus, kdy manipulátor najede na referenční snímač, čímž si uloží nulové pozice.

Operátor má také možnost volit si rychlost pohybu. Na žádost zákazníka byly přidány dvě obrazovky, na které se uživatel dostane přes obrazovku pro automatický provoz, znázorňující stav čidel na dopravníku a na chapadle.

Poklepání na paletu otevře vyskakovací okno, ve kterém může operátor měnit skladbu na paletě, viz: Obrázek 25. Tato možnost je dostupná pouze, pokud není manipulátor v chodu a je zaparkovaný.

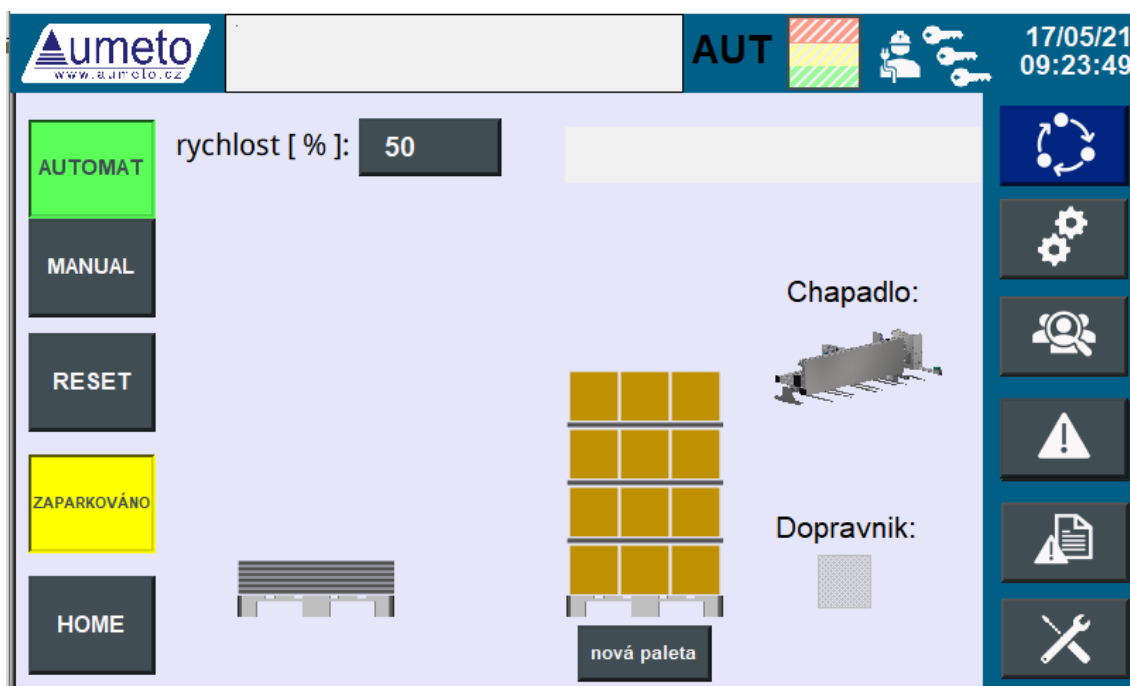
Po zapnutí linky nebo při otevření dveřních kontaktů se nad paletou objeví otazník, viz: Obrázek 26, který poukazuje na to, že není známá skladba na paletě nebo mohlo dojít k její změně. Po uvedení linky do chodu se provede scan palety pomocí snímače umístěného pod chapadlem. Následně se zobrazí skladba na vizualizaci a vypne se chod linky. Obsluha musí znovu spustit automatický provoz, čímž potvrdí, že naskenovaná skladba odpovídá reálnému stavu.



Obrázek 25: Volba skladby palety



Obrázek 26: Neznámá skladba palety

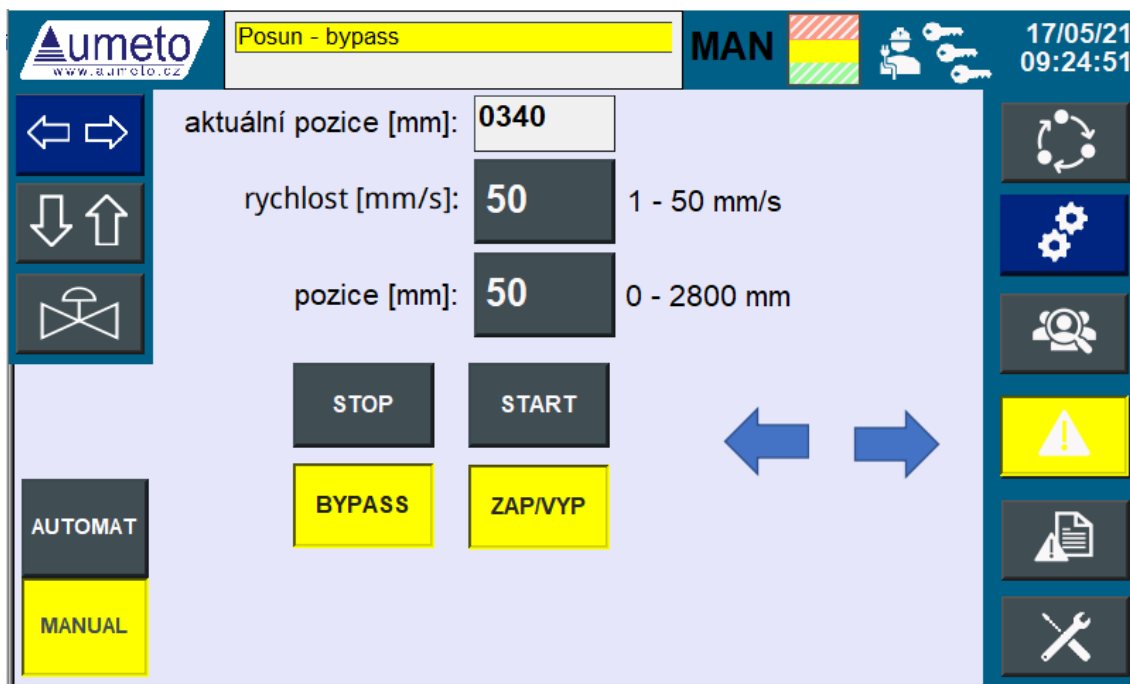


Obrázek 27: Automatický provoz

Obrazovka Ruční ovládání, viz: Obrázek 28. Na obrazovku pro ruční ovládání je možné přejít jen po přihlášení jakéhokoliv uživatele. Na levé straně si uživatel přepíná obrazovky pro ovládání pohonu na posun manipulátoru, zdvih manipulátoru a v poslední řadě je obrazovka pro ovládání pneumatických členů. Na prvním místě je vidět aktuální pozice, kde se manipulátor nachází vztažená k aktuální ose, tato pozice se odvíjí od referenčního snímače, podle kterého se určí nulová pozice. Dále se na obrazovce nachází rychlost, kterou se bude manipulátor pohybovat v manuální režimu, aby se předešlo vzniku škody, byla tato rychlost omezena na 50 mm/s.

S Osou se dá manipulovat dvěma způsoby. Pomocí šipek nebo pohybem na konkrétní souřadnice (tento pohyb je možný pouze po přihlášení technologa). K pohybu na konkrétní souřadnice slouží tlačítko start, které spustí pohyb osy na pozici zadanou operátorem, tlačítko stop přeruší tento pohyb. S manipulátorem se dá pohybovat jenom v určitém rozsahu souřadnic, při najetí na jednu z hranic rozsahu se pohyb přeruší a aktivuje se příslušný alarm. Tlačítko Bypass je viditelné pouze po přihlášení technologa a slouží pro vyjetí mimo hranice souřadnic nebo pro vyjetí z koncového snímače.

Pro aktivování osy, viz: 5.3.1, slouží tlačítko ZAP/VYP. Při pokusu vykonat pohyb bez aktivované osy vznikne ve funkčním bloku porucha. Z toho důvodu jsou tlačítka pro pohyb viditelná pouze když je osa aktivována.



Obrázek 28: Ruční ovládání

Obrazovka Přihlášení uživatele zobrazí vyskakovací okno sloužící k přihlášení.

Možnosti přihlášení:

Operátor – uživatel s nejnižší prioritou, v manuálním režimu může pohybovat s manipulátorem.

Servis – není využitý.

Technolog – může spustit cyklus homování nebo aktivovat Bypass.

Administrátor – Přihlášení pro programátora, přístup k servisní obrazovce.

Obrazovka Aktivní alarmy, obsahuje kompletní výpis aktivních alarmů seřazených podle priority.

Obrazovka Historie alarmů, výpis všech aktivovaných alarmů od spuštění linky.

Servisní obrazovka je dostupná pouze pro programátora a slouží ke vzdálené správě programu.

7. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout řízení kartézského manipulátoru který bude sloužit jako paletizátor vajíčkových proložek.

V druhé a třetí části je popsán teoretický popis použitých servo pohonů. Dále je uveden postup při výběru konkrétních motorů s frekvenčními měniči v programu Tia Selection Tool.

Další část této práce se zabývá vytvořením elektrotechnické dokumentace. V této části jsou popsány všechny použité komponenty v rozvaděči, ovládací prvky, kabely, snímače a akční členy. Nakonec je uveden postup při výběru velikosti rozvaděče i rozmístění komponentů na montážní desku spolu s výběrem chlazení skříně.

Pátá část práce se zabývá popisem vývojového prostředí Tia portal. Je zde popsána hardwarová konfigurace a také všechny funkční bloky použité pro ovládání motorů.

Poslední část se věnuje popisu vytvořených stran pro vizualizaci panelu, které slouží k ovládání celé linky.

Výsledkem této bakalářské práce je implementace výše zmíněných úkonů na reálném manipulátoru, který byl sestaven v prostorách firmy Aumeto. Na manipulátoru se podařilo odladit vytvořený program a prokázat funkčnost celé linky. Některé funkce jako je například ovládání dopravníku budou odladěny až na místě montáže u zákazníka.

LITERATURA

- [1] SKALICKÝ, Jiří. Elektrické servopohony. VUT v Brně.
- [2] VESELÝ, L. Algoritmy bezsnímačového řízení synchronního motoru s permanentními magnety. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 122s. Vedoucí disertační práce byl doc. Ing. Pavel Václavek, Ph.D
- [3] ČERNÝ, Ondřej. Výzkum perspektivních metod mikroprocesorového řízení pro trakční synchronní motor s permanentními magnety. Pardubice: Univerzita Pardubice, Doprávní fakulta Jana Pernera, 2009. Disertační práce.
- [4] BUCHAL, David. *Analýza chování měniče při řízení PMSM motoru*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/126989>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Petr Blaha.
- [5] JEHLÁŘ, Zbyněk. VLIV EXTERNÍCH ELEKTROMAGNETICKÝCH POLÍ NA FUNKCI SNÍMAČŮ OTÁČEK. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009.
- [6] RIPKA, P. – ĎAĎO, S. – KREIDL, M. – NOVÁK, J.: *Senzory a převodníky*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2005, 135 stran
- [7] Siemens, CPU 1510SP-1 PN for ET 200SP [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6ES7510-1DJ01-0AB0>
- [8] Siemens, Data sheet for SINAMICS S210 Servo Drive System, 2020. [Online]. Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:a6df5ad7-af91-486e-bac5-7f355d0b1e07/catalog-d32-sinamics-s210-servo-drive-system.pdf>
- [9] Weidmüller, ProEco PowerSupply Weidmüller, 2504890000, [Online]. Available: <https://www.electropoint.ch/web/content/86060>
- [10] Schrack Technic, „Jistič s proudovým chráničem B10-003/AC“ [Online]. Available: <https://www.schrack.cz/eshop/jistic-s-proudovym-chranicem-b10-003-ac-bo618510.html>
- [11] Schrack Technic, „Jistič B6/1“ [Online]. Available: <https://www.schrack.cz/eshop/jistic-b6-1-bm018106.html>
- [12] Schrack Technic, „Jistič C6/1“ [Online]. Available: <https://www.schrack.cz/eshop/jistic-c6-1-bm017106.html>
- [13] Schrack Technic, „Jistič C10/1“ [Online]. Available: <https://www.schrack.cz/eshop/jistic-c10-1-bm017110.html>
- [14] VOJTÁŠEK, Antonín. HMI panel se dvěma LAN porty – MT8073iE. Automatizace.hw.cz. [Online] [cit. 2016-05-06]. Available: <https://automatizace.hw.cz/hmi-systemy/novinka-hmi-panel-se-dvema-lan-porty-mt8073ie.html>

- [15] Nejrychlejší řídicí systém pro automatizaci. SIEMENS [online]. Available: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>
- [16] Siemens, Function Manual, SIMATIC S7-1500 S7-1500T Motion Control V4.0 in Tia Portal V15, 12/2017. A5E37577655-AB.
- [17] Siemens, Programming Guideline for S7-1200/1500.12/2018. mall.industry.siemens.com [Online]. Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c7de7888-d24c-4e74-ad41-759e47e4e444/Programovani-S7-1200-1500-2018.pdf>
- [18] Siemens, Totally Integrated Automation Portal. Siemens.com. [Online] Available: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/industry-software/automatizacni-software/tia-portal.html>
- [19] Siemens, SCE Training Curriculum pro Integrované Automatizační Řešení Totally Integrated Automation(TIA). Siemens.com. 09/2012. [Online] Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:cc24966d-efef-4ba2-bdcd-cc7aac19c135/SCE-CZ-010-020-R1209-S7-1200-Blocks.pdf>
- [20] Siemens, Digital input module, mall.industry.siemens.com [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7131-6BH01-0BA0>
- [21] Siemens, Digital output module, mall.industry.siemens.com [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7132-6BH01-0BA0>
- [22] Siemens, BaseUnit, mall.industry.siemens.com [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6ES7193-6BP00-0DA0>
- [23] Pepperl-Fuchs, Background suppression sensor GLV18-8-H-120/73/120, Pepperl-Fuchs.com. [Online]. Available: https://www.pepperl-fuchs.com/czech_republic/cs/classid_47.htm?view=productdetails&prodid=43047
- [24] Pepperl-Fuchs, Diffuse mode sensor RL31-8-1200-RT/59/73c/136, Pepperl-Fuchs.com. [Online]. Available: https://www.pepperl-fuchs.com/czech_republic/cs/classid_47.htm?view=productdetails&prodid=29622
- [25] Siemens, Single cable prefabricated. mall.industry.siemens.com [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/de/Catalog/Product/6FX8002-8QN04-1AJ0>
- [26] SANOVO, Farmpacker 100. [sanovoegg.com](https://www.sanovoegg.com) [Online]. Available: <https://www.sanovoegg.com/products/packing-solutions/farmpacking/farmpacker-100/>
- [27] Siemens, Servo drive systém SINAMICS S210. siemens.com [Online]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/297/109763297/att_971661/v1/s210_1_FK2_op_instr_01_2019_en-US.pdf

- [28] Schmachtl. Poradíme vám, jak vybrat bezpečnostní relé a plc. 03.08.2017 odbornecasopisy.cz [online]. Available: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/poradime-vam-jak-vybrat-bezpecnostni-rele-a-plc--2417>
- [29] ReeR, „Bezpečnostní relé AD SRE4C“ [Online]. Available: <https://www.rem-technik.cz/bezpecnostni-systemy/bezpecnostni-rele/rele-pro-nouzove-vypnuti/bezpecnostni-rele-ad-sre4c-500.html>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

PMSM	Permanent Magnet Synchronous Motor (Synchronní motor s permanentními magnety)
SPMSM	Surface Permanent Magnet Synchronous Motor
IPMSM	Interior Permanent Magnet Synchronous Motor
PELV	Protective Extra Low Voltage
HMI	Human Machine Interface
PLC	Programmable Logic Controller
TIA	Totally Integrated Automation

SEZNAM PŘÍLOH

- I. Elektrické schéma zapojení
- II. Program v TIA Portal
- III. Vizualizace v programu EasyBuilder Pro
- IV. Foto a video